

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年3月18日(18.03.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/049366 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 11/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/032998
- (22) 国際出願日: 2020年9月1日(01.09.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2019-166336 2019年9月12日(12.09.2019) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1
- 5 - 1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉田 健(YOSHIDA Takeshi); 〒5100226
三重県鈴鹿市岸岡町 1 8 0 0 株式会社フジクラ
鈴鹿事業所内 Mie (JP). 谷川 庄二(TANIGAWA

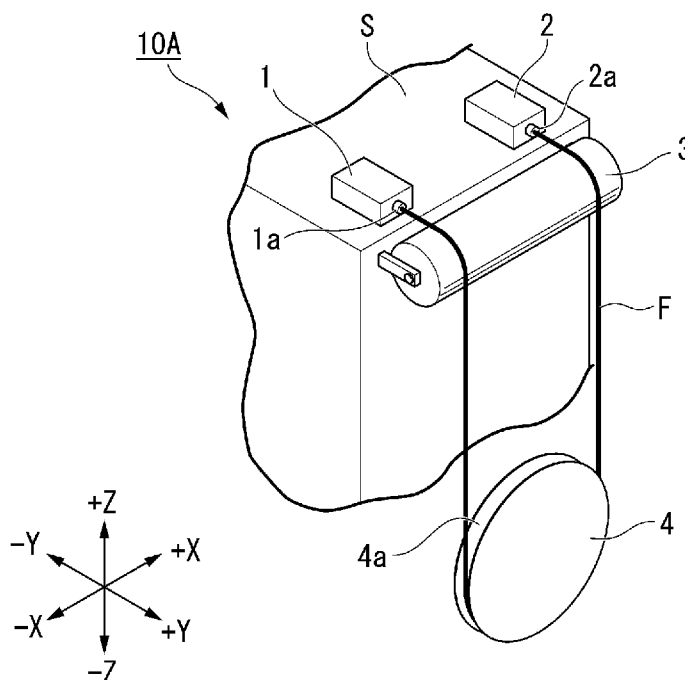
Shoji); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0
株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).
大島 章(OSHIMA Akira); 〒2858550 千葉県佐
倉市六崎 1 4 4 0 株式会社フジクラ 佐倉
事業所内 Chiba (JP). 大宮 諒(OMIYA Ryo);
〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 株式会
社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).

(74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁
目9番2号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

(54) **Title:** OPTICAL FIBER MEASUREMENT DEVICE AND METHOD FOR BENDING OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 光ファイバの測定装置および光ファイバへの曲げ印加方法



(57) **Abstract:** An optical fiber measurement device according to the present invention comprises: a light source that emits light toward an optical fiber; a light-receiving part that receives light propagated through the optical fiber; a direction-changing member that changes, to downward, the direction in which the optical fiber, which is optically connected at the two ends thereof to the light source and the light-receiving part, extends; and a tension-applying member that applies tension to the optical fiber dangling from the direction-changing member.

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約：光ファイバの測定装置は、光ファイバに向けて光を発する光源と、光ファイバ内を伝搬した光を受光する受光部と、光源および受光部に両端部が光学的に接続された光ファイバが延びる方向を下向きに変える方向変換部材と、方向変換部材から垂れ下がった光ファイバに張力を加える張力印加部材と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

光ファイバの測定装置および光ファイバへの曲げ印加方法

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバの測定装置および光ファイバへの曲げ印加方法に関する。

本願は、2019年9月12日に日本に出願された特願2019-166336号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、光源と、光検出器と、光ファイバに曲げを印加するローラと、を備えた、光ファイバの測定装置が開示されている。この光ファイバの測定装置では、光源、光検出器、およびローラ等の各構成要素が、略同一の平面上に配置されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開平2-50412号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1の構成では、ローラに光ファイバを掛け回すときに、光ファイバの自重によって、光ファイバの上下方向における位置がばらついたり、ローラに対して光ファイバが斜めに巻き付いたりしやすい。このように、光ファイバのセットがしにくいと、ローラに対する光ファイバの姿勢（位置）がばらつきやすい。その結果、光ファイバに印加される曲げの曲率半径などがセットのたびにばらついてしまい、測定の精度が不安定になる場合がある。

[0005] 本発明はこのような事情を考慮してなされ、光ファイバのセットのしやすさを向上し、測定の精度を安定させることが可能な光ファイバの測定装置または光ファイバへの曲げ印加方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明の第1の態様に係る光ファイバの測定装置は、光ファイバに向けて光を発する光源と、前記光ファイバ内を伝搬した光を受光する受光部と、前記光ファイバが掛けられることで、前記光源および前記受光部に両端部が光学的に接続された前記光ファイバが延びる方向を下向きに変える方向変換部材と、前記方向変換部材から垂れ下がった前記光ファイバに張力を加える張力印加部材と、を備える。

[0007] また、本発明の第2の態様に係る光ファイバへの曲げ印加方法は両端部が固定された光ファイバを方向変換部材に掛け、前記方向変換部材から垂れ下がった前記光ファイバに張力印加部材を用いて張力を加え、前記方向変換部材と前記張力印加部材との間に配置された複数のマンドレルを用いて前記光ファイバに曲げを印加する。

発明の効果

[0008] 本発明の上記態様によれば、光ファイバのセットのしやすさを向上し、測定の精度を安定させることが可能な光ファイバの測定装置または光ファイバへの曲げ印加方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1A]第1実施形態に係る測定装置の斜視図である。

[図1B]図1Aの測定装置を左方から見た図である。

[図1C]図1Aの測定装置を前方から見た図である。

[図1D]第1実施形態の変形例に係る測定装置を左方から見た図である。

[図1E]第1実施形態の他の変形例に係る測定装置を前方から見た図である。

[図2A]第2実施形態に係る測定装置を前方から見た図である。

[図2B]図2Aの測定装置を左方から見た図である。

[図3A]マンドレルの形状の第1の例を示す図である。

[図3B]マンドレルの形状の第2の例を示す図である。

[図3C]マンドレルの形状の第3の例を示す図である。

[図4A]図2Aの測定装置において、各マンドレルが移動する方向を示した図

である。

[図4B]図4 Aの測定装置において、各マンドレルが移動した後の図である。

[図4C]図4 Aの測定装置において、光ファイバがマンドレルに正常に巻回されなかった場合を示す図である。

[図5A]マンドレルの配置の変形例を示す図である。

[図5B]マンドレルを左右方向に対して平行に移動させる場合を示す図である。

[図5C]マンドレルを左右方向に対して斜めに移動させる場合を示す図である。

[図6A]実施例に係る測定装置を前方から見た図である。

[図6B]図6 Aの測定装置において、マンドレルを移動させた後の図である。

[図7]実施例に係る測定装置を前方から見た図である。

[図8A]実施例に係る測定装置を前方から見た図である。

[図8B]図8 Aの測定装置を左方から見た図である。

発明を実施するための形態

[0010] (第1実施形態)

以下、第1実施形態に係る光ファイバの測定装置および曲げ印加方法について、図面に基づいて説明する。

図1 A～図1 Cに示すように、光ファイバの測定装置（以下、測定装置10 Aという）は、ステージSと、光源1と、受光部2と、方向変換部材3と、張力印加部材4と、を備えている。測定装置10 Aは、光ファイバFに曲げを印加し、光ファイバFの特性を測定するための装置である。なお、光源1および受光部2は、1つの分析装置の内部に設けられていてもよい。

[0011] (方向定義)

本実施形態では、XYZ直交座標系を設定して各構成の位置関係を説明する。各図面におけるZ軸は上下方向を表し、X軸は上下方向に直交する一方方向を表し、Y軸はZ軸およびX軸の双方に直交する方向を表している。以下、Z軸方向を上下方向といい、X軸方向を左右方向といい、Y軸方向を前後

方向という。また、上下方向のうち＋Ｚ側は上方を示し、－Ｚ側は下方を示している。左右方向における一方側（＋Ｙ側）を右方といい、他方側（－Ｙ側）を左方という。前後方向における一方側（＋Ｚ側）を前方といい、他方側（－Ｚ側）を後方という。

[0012] 測定対象となる光ファイバＦは、シングルモードファイバであってもよい。光ファイバＦの具体的な種類は適宜変更可能である。

ステージＳは机などである。ステージＳの上に、光源１および受光部２が載置されている。光源１および受光部２は左右方向に間隔を空けて配置されている。光源１は左方、受光部２は右方に配置されている。なお、光源１および受光部２の位置は逆であっても良い。

[0013] 光源１は、光ファイバＦに向けて光を発する。光源１が有する出射側接続部１ａには、光ファイバＦの第１の端部が光学的に接続されている。光源１が発する光の波長などは、光ファイバＦの測定対象となる特性に合わせて、適宜変更される。すなわち、光源１は光の波長などを適宜変更することができるように構成されている。なお、出射側接続部１ａと光ファイバＦの第１の端部とが、直接接続されていてもよいし、他の光路（光ファイバ、光導波路）を介して接続されていてもよい。いずれの場合も、光ファイバＦと光源１とが光学的に接続される。

[0014] 受光部２は、光ファイバＦ内を伝搬した光を受光する。受光部２が有する入射側接続部２ａには、光ファイバＦの第２の端部が光学的に接続されている。受光部２は、受光した光に基づいて光ファイバＦの特性を分析可能に構成されている。なお、入射側接続部２ａと光ファイバＦの第２の端部とが、直接接続されていてもよいし、他の光路（光ファイバ、光導波路）を介して接続されていてもよい。いずれの場合も、光ファイバＦと受光部２とが光学的に接続される。

[0015] 方向変換部材３は、光源１および受光部２よりも前方に位置している。方向変換部材３には、光源１および受光部２に接続された光ファイバＦの一部が掛けられる。これにより、方向変換部材３は、光源１および受光部２から

前方に向けて延びる光ファイバFの方向を、下方に向けて変換する。方向変換部材3は、左右方向に沿って延びている。方向変換部材3の左端部は出射側接続部1aよりも左方に位置し、方向変換部材3の右端部は入射側接続部2aより右方に位置している。すなわち、方向変換部材3は、左右方向において、出射側接続部1aおよび入射側接続部2aにまたがって配置されている。方向変換部材3はステージSに固定されている。ただし、方向変換部材3はステージS以外（例えば床面など）に固定されていてもよい。

[0016] 本実施形態の方向変換部材3は円柱状に形成されている。また、当該円柱の直径は $\phi 280\text{ mm}$ よりも小さく、光ファイバFの一部は方向変換部材3の外周面に沿って曲げられている。このため、方向変換部材3によって、光ファイバFには、曲率半径が 140 mm よりも小さい曲げが加えられている。一般的には、曲率半径が 140 mm 以上の曲げは、光ファイバFの特性を測定する際に、曲げとはみなされない。このような曲率の小さい曲げは、光ファイバFの特性に影響しにくいためである。逆に言えば、本実施形態の方向変換部材3は、光ファイバFの特性を測定する際に考慮される大きさの曲げを意図的に印加している。

[0017] 張力印加部材4は、方向変換部材3の下方に位置している。図1Bに示すように、張力印加部材4の前後方向における位置は、方向変換部材3の前方の端部の位置と一致している。張力印加部材4は、ステージSおよび方向変換部材3に対して、上下方向に移動可能に構成されている。張力印加部材4は、光ファイバFの測定を行う際には、方向変換部材3から下方に垂れ下がった光ファイバFによって吊るされる。張力印加部材4は、例えば自重によって光ファイバFに張力を加える。張力は適宜変更可能であるが、例えば 20 gf 以下が好ましい。

[0018] 張力印加部材4は、略円板状に形成されている。図1Bに示すように、前後方向における張力印加部材4の中央部には、溝4aが形成されている。この溝4aの内側に、光ファイバFが通されている。溝4aによって光ファイバFの位置を規制することで、光ファイバFの姿勢が安定するとともに、張

力印加部材 4 から光ファイバ F が外れてしまうことを抑制できる。

[0019] 図 1 C に示される溝 4 a の底面の直径は、 $\phi 280\text{ mm}$ よりも小さく、光ファイバ F の一部は溝 4 a の底面に沿って曲げられている。このため、張力印加部材 4 によって、光ファイバ F には、曲率半径が 140 mm よりも小さい曲げが加えられている。つまり、方向変換部材 3 と同様に、張力印加部材 4 も、光ファイバ F の特性を測定する際に考慮される大きさの曲げを印加している。なお、張力印加部材 4 は溝 4 a を有していなくてもよい。この場合、張力印加部材 4 の外周面の半径を、光ファイバ F の所望の曲率半径と一致させる。

[0020] 本実施形態では、円板状の張力印加部材 4 の自重のみによって光ファイバ F に張力が加わっている。しかしながら、張力を加えるための構成や、張力印加部材 4 の形状などは適宜変更可能である。

[0021] 例えば、図 1 D に示すように、張力印加部材 4 に上方に向けた力を加えるバネ 4 b を設けてもよい。この場合、張力印加部材 4 の自重からバネ 4 b の弾性力を引いた差分が、光ファイバ F の張力となる。さらに、バネ 4 b として、いわゆる定荷重バネを用いてもよい。定荷重バネとは、変形量によって荷重が変化しないバネである。定荷重バネを用いた場合、張力印加部材 4 の上下方向の位置に関わらず、光ファイバ F の張力を一定にすることができる。

[0022] また、図 1 E に示すような天秤構造 7 を採用してもよい。天秤構造 7 は、天秤棒 7 a と、支持部 7 b と、錘 7 c と、を有している。天秤棒 7 a は、支持部 7 b によって、支点 C 回りに回動可能に支持されている。天秤棒 7 a の第 1 の端部は張力印加部材 4 に回動可能に固定されており、天秤棒 7 a の第 2 の端部には錘 7 c が取り付けられている。この構成によれば、張力印加部材 4 の自重から、錘 7 c によって張力印加部材 4 に加えられる上向きの力を引いた差分が、光ファイバ F の張力となる。

[0023] 図 1 D の構成によれば、バネ 4 b の強さを変更することで、容易に光ファイバ F の張力を変更することができる。また、バネ 4 b に加わる荷重を検出

する荷重センサを設けることで、光ファイバFに加えられる張力をモニタすることができる。

図1Eの構成によれば、錘7cの位置や質量を変更することで、容易に光ファイバFの張力を変更することができる。また、錘7cの下方に荷重センサを設けたり、支点C回りのトルクを検出するトルクセンサを設けることで、光ファイバFに加えられる張力をモニタすることができる。

[0024] また、張力印加部材4自体に錘を付けたり外したりすることで、光ファイバFに加える張力を変更することも可能である。

あるいは、張力印加部材4を半円状とするなど、張力印加部材4の形状を変更することによって張力印加部材4の自重を変更し、光ファイバFに加える張力を変更することも可能である。

[0025] 次に、本実施形態における光ファイバFへの曲げ印加方法について説明する。

[0026] まず、測定対象となる光ファイバFを、所定の長さに切断する。

次に、光ファイバFの両端部を、光源1の出射側接続部1aおよび受光部2の入射側接続部2aに接続する。このとき、張力印加部材4が加える張力によって光ファイバFが出射側接続部1aおよび入射側接続部2aから抜けないように、光ファイバFの両端部を出射側接続部1aおよび入射側接続部2aに固定する。

[0027] 次に、両端部が光源1および受光部2に接続された光ファイバFを、方向変換部材3に対して上方から掛けて、自重によって下方に垂らす。これにより、光源1および受光部2から方向変換部材3に向けて前方に延びる光ファイバFの向きが、下向きに変わる。

次に、方向変換部材3から垂れ下がった光ファイバFに対して、上方から、張力印加部材4を接近させる。本実施形態では張力印加部材4が溝4aを有しているため、溝4aの内側に光ファイバFを入れる。張力印加部材4によって光ファイバFに所定の張力が加えられ、光ファイバFには、方向変換部材3および張力印加部材4に沿った曲げが印加される。

[0028] 次に、光源 1 から測定用の光を出射させる。光は光ファイバ F を通じて受光部 2 に入射する。光ファイバ F のうち、方向変換部材 3 および張力印加部材 4 によって曲げられた部分を光が通る際に、光の強度などが変化する。したがって、受光部 2 に入射した光を分析することで、光ファイバ F の曲げに対する特性を評価することができる。

[0029] 以上説明したように、本実施形態の測定装置 10A は、光ファイバ F に向けて光を発する光源 1 と、光ファイバ F 内を伝搬した光を受光する受光部 2 と、光ファイバ F が掛けられることで、光源 1 および受光部 2 に両端部が光学的に接続された光ファイバ F が延びる方向を下向きに変える方向変換部材 3 と、方向変換部材 3 から垂れ下がった光ファイバ F に張力を加える張力印加部材 4 と、を備えている。

[0030] この構成によれば、光ファイバ F のうち、方向変換部材 3 および張力印加部材 4 に接して曲げられる部分の上下方向における位置が、光ファイバ F の自重などによってばらつきにくい。このため、光ファイバ F をセットしやすくなっている。したがって、光ファイバに印加される曲げの曲率半径などが安定するため、測定の精度を安定させることが可能である。

[0031] また、張力印加部材 4 には、光ファイバ F の位置を規制する溝 4a が形成されている。これにより、張力印加部材 4 への光ファイバ F のセットのしやすさがより向上する。また、張力印加部材 4 に沿って曲げられている部分における光ファイバ F の形状が安定するため、測定の精度をより安定させることができる。

[0032] (第 2 実施形態)

次に、本発明に係る第 2 実施形態について説明するが、第 1 実施形態と基本的な構成は同様である。このため、同様の構成には同一の符号を付してその説明は省略し、異なる点についてのみ説明する。

[0033] 図 2A、図 2B に示すように、本実施形態の測定装置 10B は、ステージ S、光源 1、受光部 2、方向変換部材 3、および張力印加部材 4 に加えて、複数のマンドレル 5 と、位置検出部 6 と、を備えている。

図 2 B に示す位置検出部 6 は、張力印加部材 4 の上下方向における位置を検出するように構成されている。

[0034] 複数のマンドレル 5 は、方向変換部材 3 と張力印加部材 4 との間に配置されている。複数のマンドレル 5 は、光ファイバ F に曲げを印加するように構成されている。図 2 A に示すように、光ファイバ F のうち張力印加部材 4 の左方に位置する部分を左右方向において挟むように、一部のマンドレル 5 が配置されている。また、光ファイバ F のうち張力印加部材 4 の右方に位置する部分を左右方向において挟むように、残りのマンドレル 5 が配置されている。また、張力印加部材 4 の左方および右方には、同じ個数のマンドレル 5 が配置されていてもよい。さらに、張力印加部材 4 の左方に配置されたマンドレル 5 と、張力印加部材 4 の右方に配置されたマンドレル 5 と、の上下方向の位置がそれぞれ一致していてもよい。

また、左右方向において、張力印加部材 4 の左方に配置されるマンドレル 5 と、張力印加部材の右方に配置されるマンドレル 5 と、を少なくとも 1 つずつ備えていてもよい。

[0035] このように複数のマンドレル 5 を配置することによって、光ファイバ F のパスラインをコンパクトにまとめることができる。すなわち、光ファイバの測定装置の上下方向の寸法を短くすることができる。

[0036] 図 2 B に示すように、各マンドレル 5 の前後方向における位置は、張力印加部材 4 の前後方向における位置と一致している。図 2 A の例では、各マンドレル 5 の直径は、張力印加部材 4 の直径よりも小さい。ただし、各マンドレル 5 の直径は張力印加部材 4 の直径と同じであってもよいし、張力印加部材 4 の直径より大きくてもよい。換言すると、測定したい特性に応じて、各部の曲げ（直径）は適宜設定しうる。

[0037] 図 3 A ～図 3 C は、マンドレル 5 の形状の一例を示している。

マンドレル 5 は、図 3 A に示すように、溝のない円柱状（円板状）であってもよい。図 3 A のマンドレル 5 を用いる場合、光ファイバ F はマンドレル 5 の外周面に沿って曲げられる。この場合には、マンドレル 5 の外周面の半

径を、光ファイバFの所望の曲率半径に一致させる。この場合のマンドレル5の外周面の直径は $\phi 280\text{ mm}$ よりも小さい。

[0038] マンドレル5は、図3Bまたは図3Cに示すように、溝（第2の溝）5aを有してもよい。図3Bまたは図3Cのマンドレル5を用いる場合、光ファイバFは溝5aの底面に沿って曲げられる。この場合には、溝5aの底面の半径を、光ファイバFの所望の曲率半径に一致させる。この場合の溝5aの底面の直径は $\phi 280\text{ mm}$ よりも小さい。

[0039] また、マンドレル5および張力印加部材4の双方が溝を有している場合、マンドレル5の溝5aの前後方向における位置と、張力印加部材4の溝4aの前後方向における位置とを一致させる。これにより、光ファイバFのうちマンドレル5および張力印加部材4に接する部分に、前後方向の不要な曲げが印加されることが抑制される。また、マンドレル5および張力印加部材4の双方の溝により、前後方向において光ファイバFのパスラインがずれることを防止することができる。

[0040] マンドレル5は、図3Cに示すように、切欠部5bを有してもよい。図3Cのマンドレル5を用いる場合、マンドレル5同士が接触することを抑制できる。なお、マンドレル5の形状は図3A～図3Cに限られず、適宜変更可能である。例えば、図3Aのマンドレル5に、図3Cに示すような切欠部5bを形成してもよい。

また、測定装置10Bが備える複数のマンドレル5として、図3A～図3Cに示すマンドレル5を組み合わせて用いてもよい。

[0041] 次に、本実施形態における光ファイバFへの曲げ印加方法について説明する。

[0042] まず、第1実施形態と同様に、両端部が光源1および受光部2に接続された光ファイバFを、方向変換部材3に掛けて、下方に垂らす。また、張力印加部材4によって光ファイバFに張力を加える。張力が加えられることで、光ファイバFのたるみが除去された状態となる。

[0043] 次に、図4Aに示すように、光ファイバFを間に挟むように各マンドレル

5を移動させる。図4 Aでは各マンドレル5が左右方向に移動しているが、マンドレル5が移動する方向は適宜変更してもよい。マンドレル5が溝5 aを有している場合には、溝5 aの内側に光ファイバFを進入させる。

[0044] マンドレル5を移動させることにより、図4 Bに示すように、光ファイバFが各マンドレル5に沿って曲げられる。これにより、マンドレル5の外周面または溝5 aの底面の半径に基づいた、所望の曲率半径の曲げが、光ファイバFに印加される。

図4 Bの例において、張力印加部材4の左方に配置された5つのマンドレル5では、上方のマンドレル5および下方のマンドレル5に沿って、それぞれ90°の角度で光ファイバFが曲げられている。また、上方のマンドレル5と下方のマンドレル5との間に配置されている3つのマンドレル5に沿って、それぞれ180°の角度で光ファイバFが曲げられている。張力印加部材4の右方に配置された5つのマンドレル5でも、同様に光ファイバFが曲げられている。

[0045] このように、光ファイバFを90°の角度で曲げるマンドレル5と、光ファイバFを180°の角度で曲げるマンドレル5とを組み合わせることで、光ファイバFに所望の角度の曲げを加えることができる。これにより、光ファイバFに加える曲げの角度を容易に調整することができる。また、光源1から受光部2への光ファイバFの経路（パスライン）が設計しやすくなる。

なお、光ファイバFを90°の角度で曲げるマンドレル5と、光ファイバFを180°の角度で曲げるマンドレル5と、のうち、いずれか一方により、光ファイバFに加える曲げの角度を調整してもよい。

[0046] 張力印加部材4が光ファイバFに張力を生じさせた状態で、マンドレル5が光ファイバFに接するため、光ファイバFのたるみやねじれが残留することを抑制できる。

この状態で光源1から光を出射し、受光部2において光を分析することで、光ファイバFの曲げに対する特性を測定することができる。

[0047] ここで、例えば図4 Cに示すように、一部のマンドレル5に光ファイバF

が適切に掛け回されていない場合には、張力印加部材 4 が、所定の位置よりも下方に位置することになる。したがって、位置検出部 6 によって張力印加部材 4 の位置を検出することで、すべてのマンドレル 5 に光ファイバ F が適切に掛け回されているか否かを判定できる。

[0048] また、マンドレル 5 の配置は適宜変更可能であり、例えば図 5 A に示すような配置を採用してもよい。ここで、図 5 A の状態とするために、仮に図 5 B における下側のマンドレル 5 を左右方向に平行に移動させると、マンドレル 5 同士が接触してしまう。このような状況は、マンドレル 5 に溝 5 a が形成されている場合に、特に生じやすい。そこで、図 5 C に示すように、マンドレル 5 を左右方向に対して斜めに移動させることで、マンドレル 5 同士が接触してしまうことを抑制できる。図 5 C の例では、前方から見て、下側のマンドレル 5 が左右方向に対して + Z 軸方向側に向かうように傾いて移動している。

[0049] 以上説明したように、本実施形態の測定装置 10 B は、光ファイバ F に曲げを印加する複数のマンドレル 5 を備えている。これにより、光ファイバ F に対して、より多くの曲げを印加することができる。

なお、本実施形態の場合にはマンドレル 5 によって光ファイバ F に曲げを印加できるため、方向変換部材 3 および張力印加部材 4 によって、測定対象となる曲げを光ファイバ F に印加することは必須ではない。つまり、本実施形態における方向変換部材 3 の外周面または張力印加部材 4 の外周面または溝 4 a の底面の直径は、 $\phi 280\text{ mm}$ より大きくてもよい。

[0050] また、複数のマンドレル 5 のうち、少なくとも 1 つに、光ファイバ F の位置を規制する溝（第 2 の溝）5 a が形成されていてもよい。この場合、溝 5 a を有するマンドレル 5 に曲げられる光ファイバ F の位置を、より安定させることができる。したがって、測定の精度をより安定させることができる。

[0051] また、上下方向から見て、複数のマンドレル 5 が光ファイバ F を挟んで対向する方向を左右方向とし、上下方向および左右方向の双方に直交する方向を前後方向とすると、溝 4 a および第 2 の溝 5 a の前後方向の位置が一致

していてもよい。これにより、光ファイバFのうちマンドレル5および張力印加部材4に接する部分に、前後方向の不要な曲げが印加されることが抑制される。また、マンドレル5および張力印加部材4の双方の溝により、前後方向において光ファイバFのパスラインがずれることを防止することができる。

[0052] また、上下方向から見て、複数のマンドレル5が光ファイバFを挟んで対向する方向を左右方向とすると、複数のマンドレル5のうち、少なくとも1つが、左右方向に対して斜めに移動可能であってもよい。この場合、マンドレル5同士が接触してしまうことを抑制できる。

[0053] また、本実施形態の測定装置10Bは、張力印加部材4の上下方向における位置を検出する位置検出部6を備えている。この構成により、マンドレル5に光ファイバFが適切に掛け回されているか否かを判定することが可能となる。したがって、誤った曲げの条件下で光ファイバFの特性を測定してしまうことを未然に予防することができる。

[0054] また、複数のマンドレル5は、左右方向において張力印加部材4の左方に配置される少なくとも1つのマンドレル5と、左右方向において張力印加部材4の右方に配置される少なくとも1つのマンドレル5と、を含んでもよい。これにより、光ファイバFのパスラインをコンパクトにまとめることができ、さらに、光ファイバの測定装置の上下方向の寸法を短くすることができる。

[0055] また、複数のマンドレル5は、光ファイバFを90°の角度で曲げるマンドレル5と、光ファイバFを180°の角度で曲げるマンドレル5と、を含んでもよい。このように複数のマンドレル5を組み合わせることで、光ファイバFに所望の角度の曲げを加えることができるので、光ファイバFに加える曲げの角度を容易に調整することができる。また、光源1から受光部2の光ファイバFの経路（パスライン）が設計しやすくなる。

[0056] また、本実施形態における光ファイバへの曲げ印加方法は、両端部が固定された光ファイバFを方向変換部材3に掛け、方向変換部材3から垂れ下が

った光ファイバFに張力印加部材4を用いて張力を加え、方向変換部材3と張力印加部材4との間に配置された複数のマンドレル5を用いて光ファイバFに曲げを印加する。この構成によれば、光ファイバFのうち、方向変換部材3および張力印加部材4に接して曲げられる部分の上下方向における位置がばらつきにくい。さらに、張力印加部材4によって予め張力が加えられた光ファイバFに対して、マンドレル5を接触させることにより、マンドレル5に接した光ファイバFにたるみやねじれが残留することを抑制できる。したがって、光ファイバFのセットのしやすさを向上し、測定の精度をより安定させることが可能である。

実施例

[0057] 以下、具体的な実施例を用いて、上記実施形態を説明する。なお、本発明は以下の実施例に限定されない。

[0058] (曲げ損失測定)

図6Aに示すような測定装置10Cを用意した。測定装置10Cは、光源1と、受光部2と、方向変換部材3と、張力印加部材4と、3つのマンドレル5と、位置検出部6(不図示)と、天秤構造7と、を有している。3つのマンドレル5の外周面の直径を $\phi 20\text{ mm}$ とした。張力印加部材4は溝4aを有しており、溝4aの底面の直径は $\phi 280\text{ mm}$ である。測定装置10Cでは、3つのマンドレル5によって、測定対象となる曲げが光ファイバFに印加される。張力印加部材4によって光ファイバFに印加される曲げは、曲率半径が 140 mm であるため、測定対象ではない。また、方向変換部材3の直径も $\phi 280\text{ mm}$ 以上であるため、方向変換部材3によって光ファイバFに加わる曲げも測定対象ではない。

[0059] 図6Aに示すように、光ファイバFを測定装置10Cにセットした後、マンドレル5を移動させて図6Bに示す状態とする。図6Bに示すように、上方および下方のマンドレル5により、それぞれ 90° の角度で光ファイバFが曲げられる。また、中央のマンドレル5により、 180° の角度で光ファイバFが曲げられる。したがって、測定装置10Cを用いることで、曲率半

径 10 mm × 360° 相当の曲げが光ファイバ F に印加される。この曲げ条件は、直径が φ 20 mm の筒に光ファイバ F を 1 周分巻き付ける場合と同じである。

[0060] 張力印加部材 4 によって光ファイバ F に加える張力は、表 1 に示す通り、1 gf ~ 20 gf の範囲で変化させた。張力は、錘 7 c の位置および重さを変更することで調整した。表 1 に示す σ は、各条件下での測定のばらつきの大きさ（標準偏差）を示している。以下、より詳しく説明する。

[0061] [表1]

	比較例 1	実施例 1-1	実施例 1-2	実施例 1-3	実施例 1-4	実施例 1-5	実施例 1-6	実施例 1-7
曲げ印加 方法	手作業	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C
張力	-	20gf	15gf	10gf	5gf	3gf	2gf	1gf
σ	1.52dB	0.56dB	0.48dB	0.39dB	0.47dB	0.33dB	0.42dB	0.45dB

[0062] 比較例 1 については、直線状態の光ファイバ F を光源 1 および受光部 2 に接続し、受光部 2 によって透過パワー P 1 を測定した。測定波長は、1625 nm とした。その後、直径が φ 20 mm の円筒に光ファイバ F を手作業で 1 周分巻き付けて、その状態で光源 1 から光を出射させ、受光部 2 によって透過パワー P 2 を測定した。比較例 1 については、手作業で巻き付けているため張力のデータはないが、張力は 10 gf 程度であると考えられる。光ファイバ F をマンドレルに巻き付けたことによる損失の値 Δ は、下記数式（1）によって算出できる。

$$\Delta = 10 \log (P 1 / P 2) \quad \dots (1)$$

この測定を 10 回行い、Δ の値の標準偏差を算出したところ、σ = 1.52 dB となった。

[0063] 実施例 1-1 については、張力印加部材 4 および天秤構造 7 によって光ファイバ F に 20 gf の張力を加えた。測定波長は比較例と同様、1625 nm とし、図 6 A に示す状態で透過パワー P 1 を測定した後、図 6 B に示す状態で透過パワー P 2 を測定した。透過パワー P 2 を測定する際には、位置検出部 6

によって、張力印加部材4が所定の位置にあることを確認した。つまり、3つのマンドレル5に適切に光ファイバFが巻き付けられていることを確認した。比較例1と実施例1-1とでは、光ファイバFに加えられる曲げの条件は実質的に同じである。

[0064] 実施例1についても、数式(1)によって Δ を算出した。この測定を10回行い、 Δ の値の標準偏差を算出したところ、標準偏差は $\sigma=0.56\text{dB}$ となった。

実施例1-2～実施例1-7についても、実施例1-1と同様の手順で σ を算出した。ただし、錘7cの位置および重さを変更することで、表1に示す通り、張力を適宜調整した。

[0065] 表1に示すように、実施例1-1～1-7のいずれについても、 σ の値が比較例1に比べて大幅に小さくなっている。その理由について考察する。比較例1では手作業で光ファイバFを円筒に巻き付けているため、円筒への光ファイバFの巻き付けの姿勢がばらつきやすい。例えば、光ファイバFがねじれた状態で円筒に巻かれたり、円筒の軸方向に対して斜めに光ファイバFが巻かれたりしやすい。

[0066] このように、円筒への巻き付けの姿勢がばらつくと、光ファイバFに印加される曲げの曲率半径もばらつく。したがって、比較例1では Δ のばらつきが大きくなり、 σ の値も大きくなったと考えられる。

一方、実施例1-1～1-7では、測定装置10Cを用いているため、光ファイバFに安定して曲げを印加することができる。したがって、 Δ のばらつきが小さくなり、 σ の値も小さくなったと考えられる。

[0067] 実施例1-1～1-7では、 σ の値に有意差が無かった。したがって、光ファイバFに加える張力は、20gf以下であれば、 σ の値を小さく抑えることができる。張力が1gf未満の場合についてのデータはないが、張力が小さすぎると、光ファイバFのたるみなどを十分に除去できないことが考えられる。

以上を踏まえると、張力は20gf以下であることが好ましく、1gf以

上 20 gf 以下であることがより好ましいと言える。

[0068] 次に、図 7 に示すような測定装置 10D を用意した。測定装置 10D は、光源 1 と、受光部 2 と、方向変換部材 3 と、張力印加部材 4 と、22 個のマンドレル 5 と、位置検出部 6（不図示）と、天秤構造 7 と、を有している。11 個のマンドレル 5 を、-X 側の光ファイバ F を挟むように配置し、残り 11 個のマンドレル 5 を、+X 側の光ファイバ F を挟むように配置した。各マンドレル 5 の外周面の直径を $\phi 30\text{ mm}$ とした。張力印加部材 4 は溝 4a を有しており、溝 4a の底面の直径は $\phi 280\text{ mm}$ である。

ここで、複数のマンドレル 5 は、左右方向において、張力印加部材 4 を挟んで同じ数が配置されている。このように複数のマンドレル 5 を配置することによって、光ファイバ F のパスラインをコンパクトにまとめることができるので、より安定して測定を行うことができる。

[0069] 測定装置 10D では、22 個のマンドレル 5 によって、測定対象となる曲げ（曲率半径 $15\text{ mm} \times 3600^\circ$ 相当）が光ファイバ F に印加される。張力印加部材 4 によって光ファイバ F に印加される曲げは、曲率半径が 140 mm であるため、測定対象ではない。また、方向変換部材 3 の直径も $\phi 280\text{ mm}$ 以上であるため、方向変換部材 3 によって光ファイバ F に加わる曲げも測定対象ではない。

[0070] 張力印加部材 4 によって光ファイバ F に加える張力は、表 2 に示す通り、 $1\text{ gf} \sim 20\text{ gf}$ の範囲で変化させた。張力は、錘 7c の位置および重さを変更することで調整した。なお、表 2 に示す比較例 2 および実施例 2-1 ~ 2-7 では、測定波長を 1550 nm とした。その他の点は、表 1 と同様である。

[0071]

[表2]

	比較例 2	実施例 2-1	実施例 2-2	実施例 2-3	実施例 2-4	実施例 2-5	実施例 2-6	実施例 2-7
曲げ印加 方法	手作業	測定装置 10D	測定装置 10D	測定装置 10D	測定装置 10D	測定装置 10D	測定装置 10D	測定装置 10D
張力	－	20gf	15gf	10gf	5gf	3gf	2gf	1gf
σ	0.021dB	0.008dB	0.006dB	0.009dB	0.006dB	0.007dB	0.005dB	0.008dB

[0072] 表2に示す通り、実施例2-1～2-7では、 σ の値に有意差が無かった。実施例1-1～1-7における結果と同様、張力は20gf以下であることが好ましく、1gf以上20gf以下であることがより好ましいと言える。

また、実施例2-1～2-7では、実施例1-1～1-7よりも、曲げ径が大きく、曲げ損失の値が小さい。このように、曲げの条件が変わった場合でも、張力を1gf以上20gf以下とすることの有効性を確認することができた。

[0073] (曲げ法によるカットオフ波長測定)

$\phi 60\text{mm}$ の円筒に光ファイバFを1周巻き付ける曲げ印加条件でのカットオフ波長を測定するため、先述の曲げ損失測定と同様に、図6Aに示す測定装置10Cを用意した。マンドレル5の直径が $\phi 60\text{mm}$ である点以外は、曲げ損失測定で用いた測定装置10Cと同様である。表3に示すように、比較例3および実施例3-1～3-7として、各条件で10回ずつ、光ファイバFのカットオフ波長を測定した。カットオフ波長の測定は、IEC 60793-1-44に則って行った。

[0074] [表3]

	比較例 3	実施例 3-1	実施例 3-2	実施例 3-3	実施例 3-4	実施例 3-5	実施例 3-6	実施例 3-7
曲げ印加 方法	手作業	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C
張力	－	20gf	15gf	10gf	5gf	3gf	2gf	1gf
σ	5.3nm	2.6nm	2.1nm	1.8nm	1.7nm	2.1nm	1.6nm	1.9nm

[0075] 比較例 3 では、手作業で $\phi 60\text{ mm}$ の円筒に光ファイバ F を 1 周分巻き付けることで、光ファイバ F に曲げを印加した。

実施例 3-1 ~ 3-7 では、測定装置 10C を用いて光ファイバ F に曲げを印加した。比較例 3 と実施例 3-1 ~ 3-7 とで、光ファイバ F に加えられる曲げの条件は実質的に同じである。

表 2 の σ の欄には、各条件のもと 10 回ずつ測定したカットオフ波長の標準偏差の値を示した。

[0076] 表 3 に示すように、実施例 3-1 ~ 実施例 3-7 では、比較例 3 に比べて、標準偏差 σ の値を大幅に低減することができた。

表 1 の結果と同様に、測定装置 10C を用いることで、カットオフ波長の測定精度を向上できることが確認された。カットオフ波長を測定する際にも、張力は 20 gf 以下であることが好ましく、 1 gf 以上 20 gf 以下であることがより好ましいと言える。

[0077] (マルチモード法によるカットオフ波長測定)

図 1A に示す測定装置 10A を用いてマルチモード法によるカットオフ波長を測定した。測定装置 10A は、光源 1 と、受光部 2 と、方向変換部材 3 と、張力印加部材 4 と、を有している。方向変換部材 3 として直径が $\phi 280\text{ mm}$ の円筒を用いた。張力印加部材 4 は溝 4a を有しており、溝 4a の底面の直径は $\phi 280\text{ mm}$ である。

表 4 に示すように、比較例 4 および実施例 4-1 ~ 4-7 として、各条件で 10 回ずつ、マルチモード法による、光ファイバ F のカットオフ波長を測定した。

[0078] マルチモード法によるカットオフ波長の測定は以下のように行った。

比較例 4 では、光ファイバ F の両端を光源 1 と受光部 2 にセットし、 $\phi 280\text{ mm}$ のマンドレルに手で光ファイバ F を 1 周分巻き付けることで曲げを印加した。

実施例 4-1 ~ 4-7 では、測定装置 10A を用いて、曲げを印加した。方向変換部材 3 と、張力印加部材 4 により、光ファイバ F には、 $\phi 280\text{ mm}$

mの曲げが360°分、印加されることとなり、それ以外の部分には、余計な曲げは加わらない。つまり、比較例4と実施例4-1～4-7とで、光ファイバFに加えられる曲げの条件は実質的に同じである。

[0079] 比較例4、実施例4-1～4-7ともに、光ファイバFに曲げを印加した状態で、光源1から光を光ファイバFに入射し、受光部2で透過パワーP1(λ)を測定する。次に、光ファイバFを測定装置10Aから取り外し、マルチモードファイバを光源1と受光部2に接続して、マルチモードファイバを通した光の受光パワーP2(λ)を測定する。このP1(λ)とP2(λ)を用いて、マルチモード法によるカットオフ波長を、IEC-60793-1-44に則り、計算した。

[0080] [表4]

	比較例 4	実施例 4-1	実施例 4-2	実施例 4-3	実施例 4-4	実施例 4-5	実施例 4-6	実施例 4-7
曲げ印加 方法	手作業	測定装置 10A	測定装置 10A	測定装置 10A	測定装置 10A	測定装置 10A	測定装置 10A	測定装置 10A
張力	-	20gf	15gf	10gf	5gf	3gf	2gf	1gf
σ	4.8nm	2.5nm	1.6nm	2.3nm	1.8nm	2.0nm	2.3nm	2.1nm

[0081] 表4に示すように、実施例4-1～4-7では、比較例4に比べて、標準偏差(σ)の値を大幅に低減することができた。このように、測定装置10Dを用いることで、マルチモード法を用いたカットオフ波長の測定精度を向上できることが確認された。また、マルチモード法を用いてカットオフ波長を測定する際にも、張力は20gf以下であることが好ましく、1gf以上20gf以下であることがより好ましいと言える。

[0082] (曲げ法によるカットオフ波長測定)

次に、曲げの条件を変更し、図8Aに示す測定装置10Eを用いて、曲げ法によるカットオフ波長を測定した。測定装置10Eは、光源1と、受光部2と、方向変換部材3と、張力印加部材4と、4つのマンドレル5と、3つのマンドレル5Aと、位置検出部6(不図示)と、天秤構造7と、を有している。方向変換部材3として直径が $\phi 80$ mmの円筒を用いた。4つのマンドレル5の外周面の直径を $\phi 80$ mmとした。3つのマンドレル5Aの外周

面の直径を $\phi 60\text{ mm}$ とした。張力印加部材4は溝4 aを有しており、溝4 aの底面の直径は $\phi 80\text{ mm}$ である。

ここで、4つのマンドレル5は、左右方向において、張力印加部材4を挟んで同じ数が配置されており、3つのマンドレル5 Aは左方のみ配置されている。このように、左右方向において、張力印加部材4の左方に配置されるマンドレル5と、張力印加部材4の右方に配置されるマンドレル5と、を少なくとも1つずつ備えていれば、光ファイバの測定装置の上下方向の寸法を短くすることができる。

[0083] 測定装置10Eによれば、方向変換部材3、張力印加部材4、および4つのマンドレル5によって、測定対象となる曲げが光ファイバFに印加される。出射側接続部1 aおよび入射側接続部2 aの上下方向における位置は、方向変換部材3の上端の位置と一致している。このため、光ファイバFのうち方向変換部材3に沿っている部分には、それぞれ曲率半径 $40\text{ mm} \times 90^\circ$ (図8B参照)の曲げが加えられる。光ファイバFは方向変換部材3によって2か所で曲げられている。したがって、方向変換部材3により光ファイバFに印加される曲げは、曲率半径 $40\text{ mm} \times 180^\circ$ に相当する。

[0084] 4つのマンドレル5は、それぞれ、曲率半径 $40\text{ mm} \times 90^\circ$ の曲げを光ファイバFに印加する。また、張力印加部材4は、曲率半径 $40\text{ mm} \times 180^\circ$ の曲げを光ファイバFに印加する。3つのマンドレル5 Aは、曲率半径 $30\text{ mm} \times (90^\circ + 180^\circ + 90^\circ)$ の曲げを光ファイバFに印加する。

以上を合計すると、測定装置10Eは、曲率半径 $40\text{ mm} \times 720^\circ$ 相当(2周分)および曲率半径 $30\text{ mm} \times 360^\circ$ (1周分)相当の曲げを、光ファイバFに印加する。

[0085] 表5に示すように、比較例5および実施例5-1~5-7として、各条件で10回ずつ、光ファイバFのカットオフ波長を曲げ法を用いて算出した。この曲げ条件では、測定装置10Eのマンドレル5による曲率半径 $40\text{ mm} \times 720^\circ$ 相当の曲げに加えて、マンドレル5 Aによる曲率半径 $30\text{ mm} \times$

360° 相当（1周分）の曲げを加える前後の透過パワーを用いて、カットオフ波長を算出している。

[0086] [表5]

	比較例 5	実施例 5-1	実施例 5-2	実施例 5-3	実施例 5-4	実施例 5-5	実施例 5-6	実施例 5-7
曲げ印加 方法	手作業	測定装置 10E	測定装置 10E	測定装置 10E	測定装置 10E	測定装置 10E	測定装置 10E	測定装置 10E
張力	－	20gf	15gf	10gf	5gf	3gf	2gf	1gf
σ	6.1nm	2.8nm	2.0nm	1.5nm	2.0nm	2.1nm	1.5nm	2.2nm

[0087] 比較例5では、手作業で $\phi 80$ mmの円筒に光ファイバFを2周分巻き付けることで、光ファイバFに曲げを印加した。その状態で透過パワーP1を測定した。次に、 $\phi 80$ mmの円筒に光ファイバFを2周分巻き付けた状態に加えて、さらに $\phi 60$ mmの円筒に光ファイバFを1周分巻き付けることで曲げを印加した。その状態で透過パワーP2を測定した。このようにして得られたP1、P2を用いて、カットオフ波長を測定した。

[0088] 実施例5-1～5-7では、測定装置10Eを用いて光ファイバFに曲げを印加した。具体的には、マンドレル5によって曲率半径40 mm $\times$ 720°相当の曲げを光ファイバFに印加した状態で透過パワーP1を測定した。次に、マンドレル5による曲げに加えて、マンドレル5Aによって曲率半径30 mm $\times$ 360°相当の曲げを光ファイバFに印加した状態で透過パワーP2を測定した。このようにして得られたP1、P2を用いて、カットオフ波長を測定した。

[0089] 比較例5と実施例5-1～5-7とで、光ファイバFに加えられる曲げの条件は実質的に同じである。

表5の σ の欄には、各条件のもと10回ずつ測定したカットオフ波長の標準偏差の値を示した。

[0090] 表5に示すように、実施例5-1～5-7では、比較例5に比べて、標準偏差 σ の値を大幅に低減することができた。

このように、測定装置10Eを用いることで、カットオフ波長の測定精度

を向上できることが確認された。また、曲げ条件を変えてカットオフ波長を測定する際にも、張力は20gf以下であることが好ましく、1gf以上20gf以下であることがより好ましいと言える。

[0091] (モードフィールド径測定)

φ60mmの円筒に光ファイバFを1周巻き付ける曲げ印加条件でのモードフィールド径を測定するため、先述の曲げ損失測定と同様に、図6Aに示す測定装置10Cを用意した。マンドレル5の直径がφ60mmである点以外は、曲げ損失測定で用いた測定装置10Cと同じである。表6に示すように、比較例6および実施例6-1～6-7として、各条件で10回ずつ、モードフィールド径を測定した。モードフィールド径の測定は、IEC 60793-1-45に則って行った。

[0092] [表6]

	比較例 6	実施例 6-1	実施例 6-2	実施例 6-3	実施例 6-4	実施例 6-5	実施例 6-6	実施例 6-7
曲げ印加 方法	手作業	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C	測定装置 10C
張力	-	20gf	15gf	10gf	5gf	3gf	2gf	1gf
σ	0.032 μm	0.012 μm	0.013 μm	0.009 μm	0.010 μm	0.008 μm	0.011 μm	0.010 μm

[0093] 比較例6では、手作業でφ60mmの円筒に光ファイバFを1周分巻き付けることで、光ファイバFに曲げを印加した。

実施例6-1～6-7では、測定装置10Cを用いて光ファイバFに曲げを印加した。比較例6と実施例6-1～6-7とで、光ファイバFに加えられる曲げの条件は実質的に同じである。

表6の σ の欄には、各条件のもと10回ずつ測定したモードフィールド径の標準偏差の値を示した。

[0094] 表6に示すように、実施例6-1～6-7では、比較例6に比べて、標準偏差 σ の値を大幅に低減することができた。

このように、測定装置10Cを用いることで、モードフィールド径の測定精度を向上できることが確認された。また、モードフィールド径を測定する

際にも、張力は20gf以下であることが好ましく、1gf以上20gf以下であることがより好ましいと言える。

[0095] なお、本発明の技術的範囲は前記実施形態に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

[0096] 例えば、前記実施例では、光ファイバFの測定対象となる特性として、曲げ損失、カットオフ波長、およびモードフィールド径を挙げた。しかしながら、これら以外の光ファイバFの特性を測定する際に、本実施形態の測定装置10A～10Eまたは本実施形態の曲げ印加方法を採用することもできる。測定の際に、光ファイバFに曲げを印加することが要求される特性であれば、本実施形態を適用することで測定精度を向上することができる。

[0097] また、マンドレル5の配置は、測定装置10B～10Eの例に限らず、適宜変更可能である。

[0098] また、出射側接続部1aおよび入射側接続部2aは、必ずしも前方（+Y側）を向いていなくてもよい。例えば、出射側接続部1aおよび入射側接続部2aが上方または後方を向いていてもよい。あるいは、出射側接続部1aが左方を向き、入射側接続部2aが右方を向いていてもよい。これらの場合、出射側接続部1aおよび入射側接続部2aに光路（光ファイバや光導波路など）をそれぞれ接続し、これらの光路の末端を、図1A等に示す出射側接続部1aおよび入射側接続部2aの位置に配置してもよい。そして、当該光路の末端に光ファイバFの両端部を接続し、方向変換部材3によって光ファイバFが延びる方向を下向きに変える構成とすれば、前記実施形態と同様の作用効果が得られる。そしてこれらの場合でも、方向変換部材3は、光源1および受光部2に両端部が光学的に接続された光ファイバFが延びる方向を下向きに変えていることに相違はない。

[0099] また、方向変換部材3に対して光ファイバFが斜めに巻き付かないよう、出射側接続部1aと入射側接続部2aとの間の左右方向の距離、または出射側接続部1aおよび入射側接続部2aにそれぞれ接続された光路の末端同士の間隔の左右方向の距離を調整してもよい。例えば、図1Aにおいて、出射側

接続部 1 a と入射側接続部 2 a との間の左右方向の距離は張力印加部材 4 の溝 4 a の底面の直径と同等であってもよい。

また、出射側接続部 1 a および入射側接続部 2 a の上下方向における位置は、互いに異なってもよい。

[0100] その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、上記した実施形態や変形例を適宜組み合わせてもよい。

[0101] 例えば、図 3 A～図 3 C に示した形状のマンドレル 5 を、測定装置 10 B～10 E のマンドレル 5、5 A として採用してもよい。

また、図 1 D に示したバネ 4 b を、測定装置 10 B～10 E に適用してもよい。

また、測定装置 10 B～10 E において、天秤構造 7 に代えて、バネ 4 b を用いてもよい。あるいは、測定装置 10 B～10 E において、バネ 4 b や天秤構造 7 を用いず、張力印加部材 4 の単なる自重によって光ファイバ F に張力を加えてもよい。

符号の説明

[0102] 1…光源 2…受光部 3…方向変換部材 4…張力印加部材 4 a…溝
5、5 A…マンドレル 5 a…溝（第 2 の溝） 6…位置検出部 10 A
～10 E…測定装置 F…光ファイバ

請求の範囲

- [請求項1] 光ファイバに向けて光を発する光源と、
前記光ファイバ内を伝搬した光を受光する受光部と、
前記光ファイバが掛けられることで、前記光源および前記受光部に
両端部が光学的に接続された前記光ファイバが延びる方向を下向きに
変える方向変換部材と、
前記方向変換部材から垂れ下がった前記光ファイバに張力を加える
張力印加部材と、を備える、光ファイバの測定装置。
- [請求項2] 前記張力印加部材に、前記光ファイバの位置を規制する溝が形成さ
れている、請求項1に記載の光ファイバの測定装置。
- [請求項3] 前記光ファイバに曲げを印加する複数のマンドレルを備え、
前記複数のマンドレルは前記方向変換部材と前記張力印加部材との
間に配置されている、請求項1または2に記載の光ファイバの測定装
置。
- [請求項4] 前記複数のマンドレルのうち、少なくとも1つに、前記光ファイバ
の位置を規制する第2の溝が形成されている、請求項3に記載の光フ
ァイバの測定装置。
- [請求項5] 前記張力印加部材に、前記光ファイバの位置を規制する溝が形成さ
れ、
上下方向から見て、前記複数のマンドレルが前記光ファイバを挟ん
で対向する方向を左右方向とし、前記上下方向および前記左右方向の
双方に直交する方向を前後方向とするとき、
前記溝および前記第2の溝の前記前後方向の位置が一致している、
請求項4に記載の光ファイバの測定装置。
- [請求項6] 上下方向から見て、前記複数のマンドレルが前記光ファイバを挟ん
で対向する方向を左右方向とするとき、
前記複数のマンドレルのうち、少なくとも1つが、前記左右方向に
対して斜めに移動可能である、請求項3または5に記載の光ファイバ

の測定装置。

[請求項7] 前記張力印加部材の上下方向における位置を検出する位置検出部を備える、請求項3から6のいずれか1項に記載の光ファイバの測定装置。

[請求項8] 前記張力印加部材が前記光ファイバに加える張力は20gf以下である、請求項1から7のいずれか1項に記載の光ファイバの測定装置。

[請求項9] 前記光ファイバに曲げを印加する複数のマンドレルを備え、
前記複数のマンドレルは前記方向変換部材と前記張力印加部材との間に配置され、

上下方向から見て、前記複数のマンドレルが前記光ファイバを挟んで対向する方向を左右方向とすると、

前記複数のマンドレルは、前記左右方向において前記張力印加部材の左方に配置される少なくとも1つのマンドレルと、前記左右方向において前記張力印加部材の右方に配置される少なくとも1つのマンドレルと、を含む、請求項3から8のいずれか1項に記載の光ファイバの測定装置。

[請求項10] 前記光ファイバに曲げを印加する複数のマンドレルを備え、
前記複数のマンドレルは前記方向変換部材と前記張力印加部材との間に配置され、

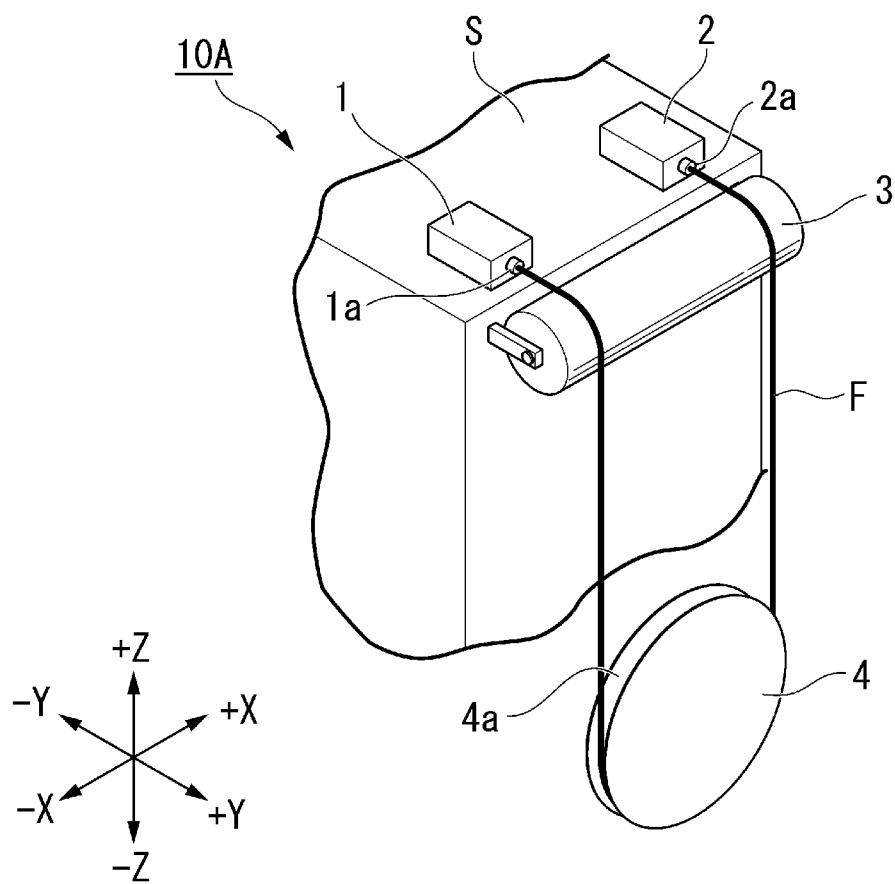
前記複数のマンドレルは、前記光ファイバを90°の角度で曲げるマンドレルと、前記光ファイバを180°の角度で曲げるマンドレルと、を含む、請求項3から9のいずれか1項に記載の光ファイバの測定装置。

[請求項11] 両端部が固定された光ファイバを方向変換部材に掛け、
前記方向変換部材から垂れ下がった前記光ファイバに張力印加部材を用いて張力を加え、

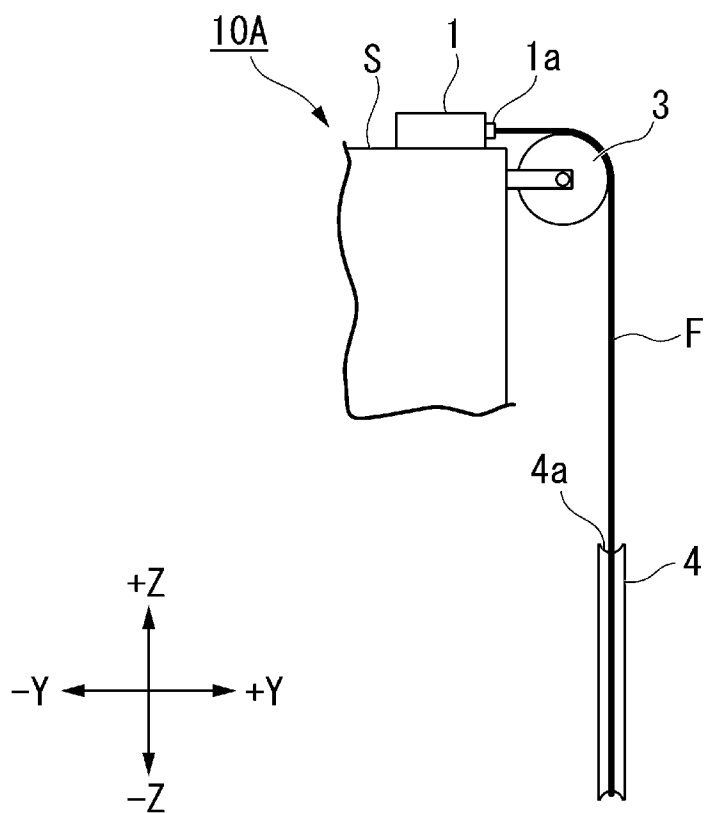
前記方向変換部材と前記張力印加部材との間に配置された複数のマ

ンドレルを用いて前記光ファイバに曲げを印加する、光ファイバへの曲げ印加方法。

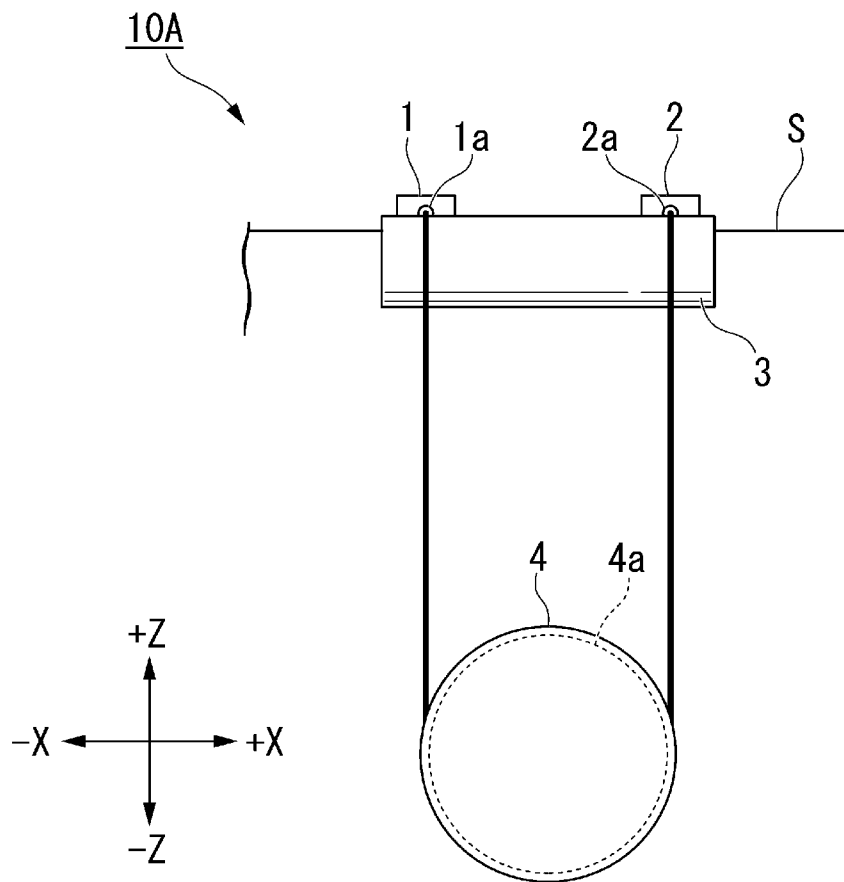
[図1A]



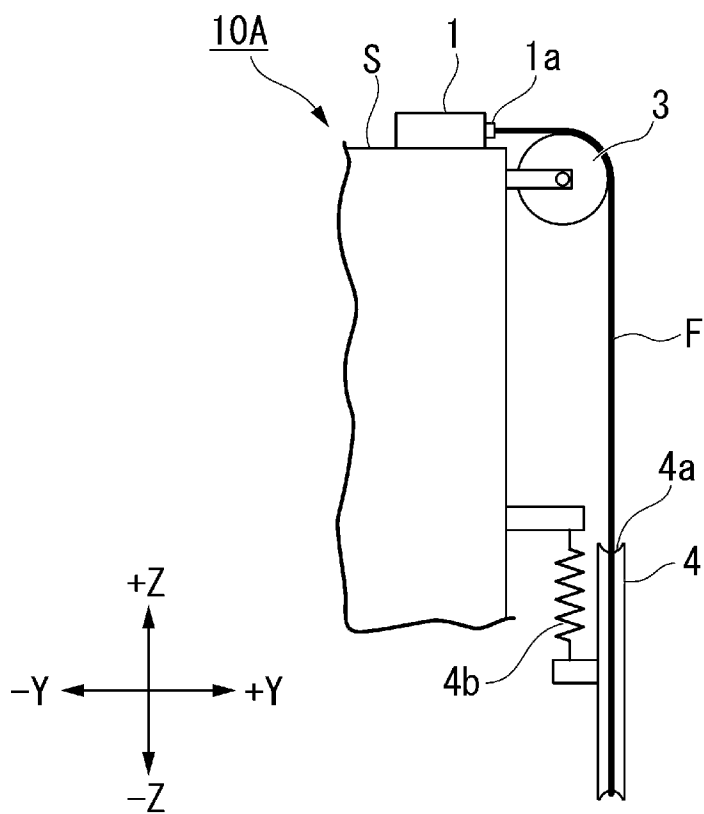
[図1B]



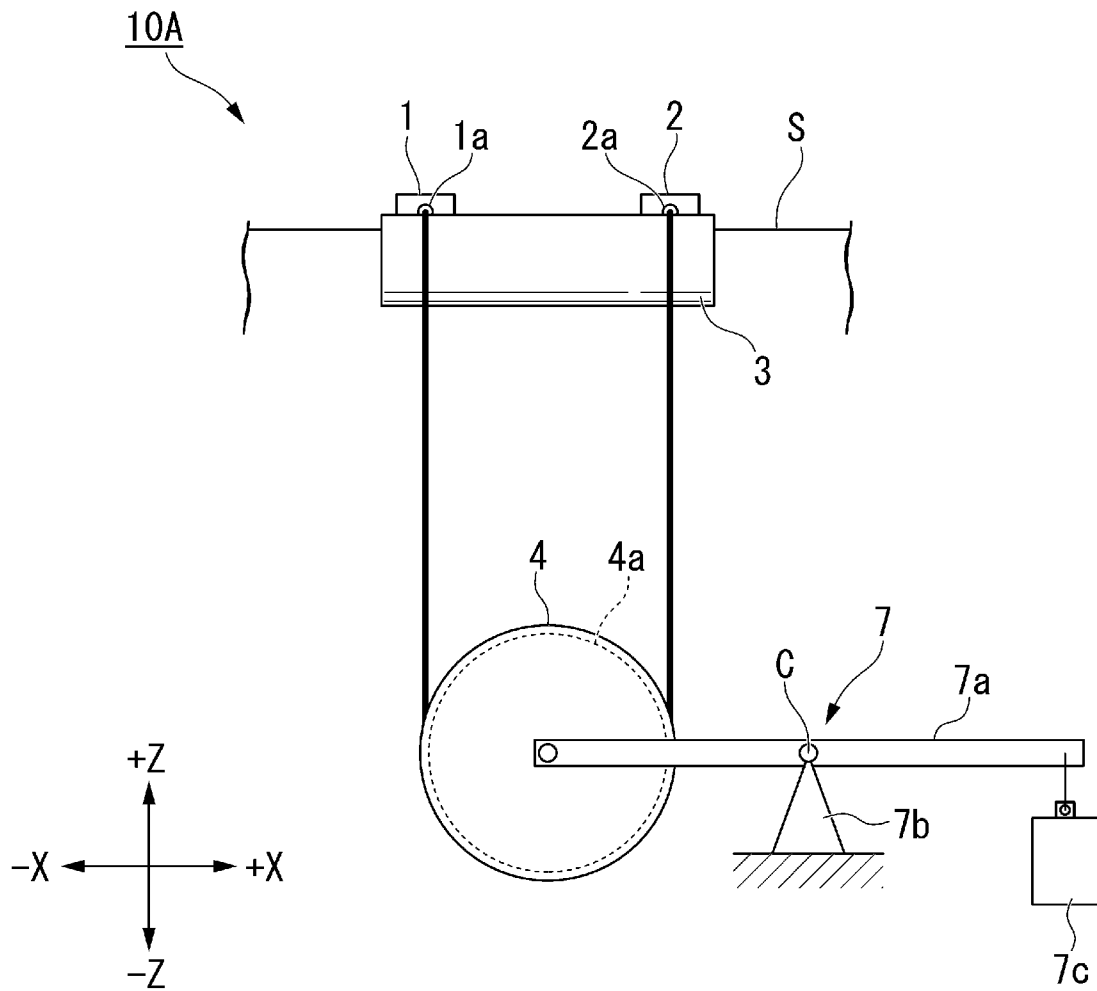
[図1C]



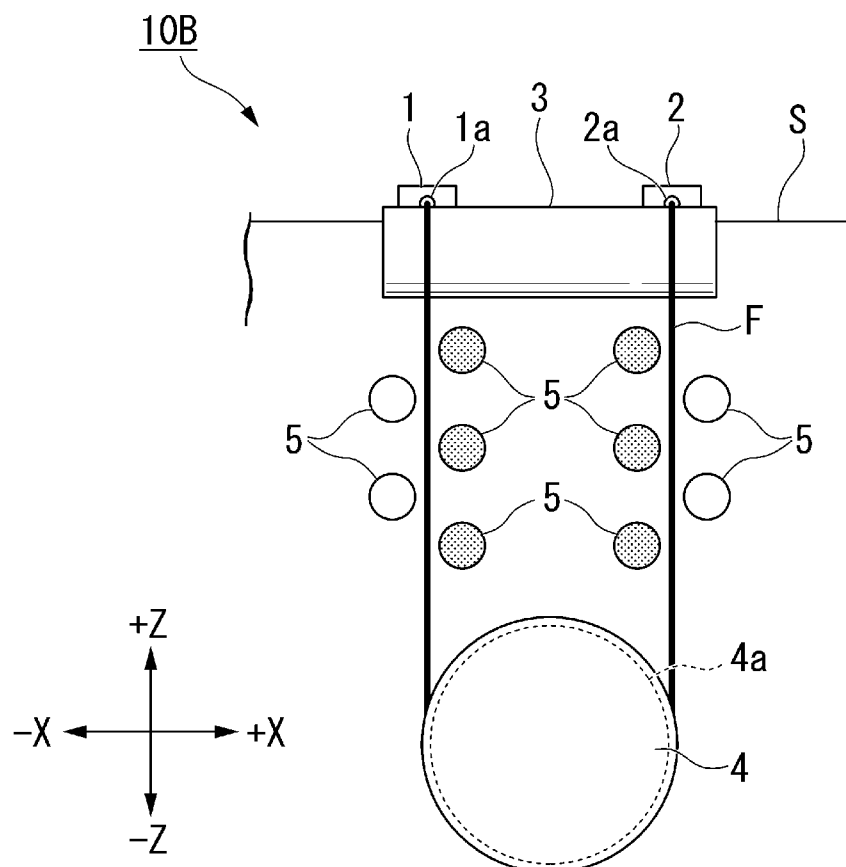
[図1D]



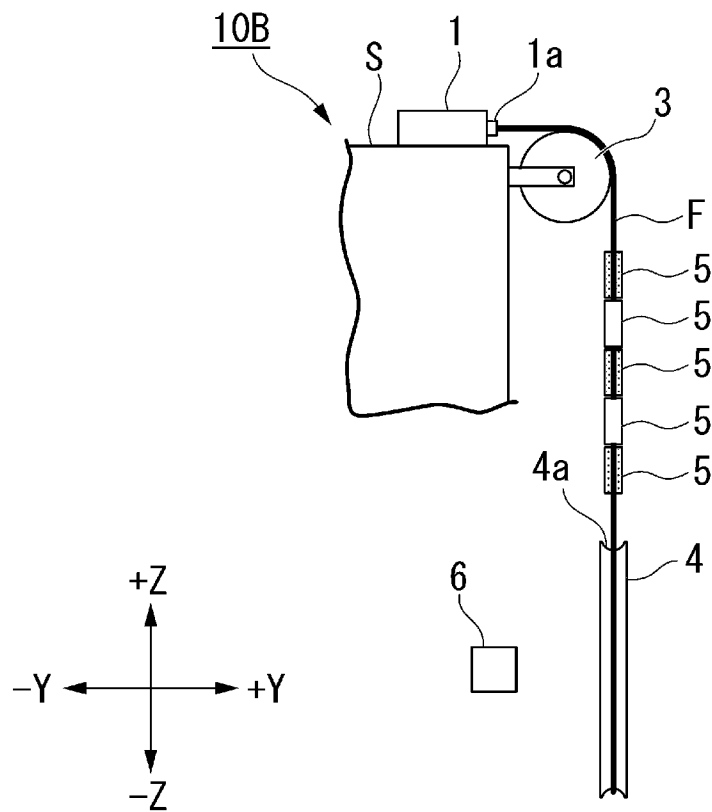
[図1E]



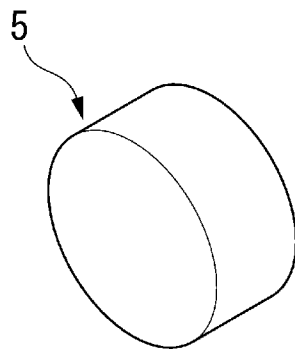
[図2A]



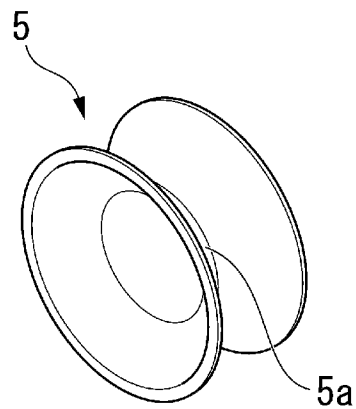
[図2B]



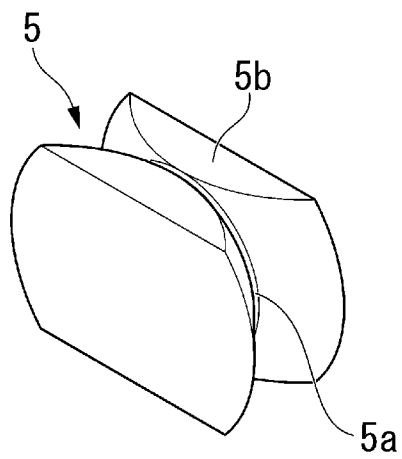
[図3A]



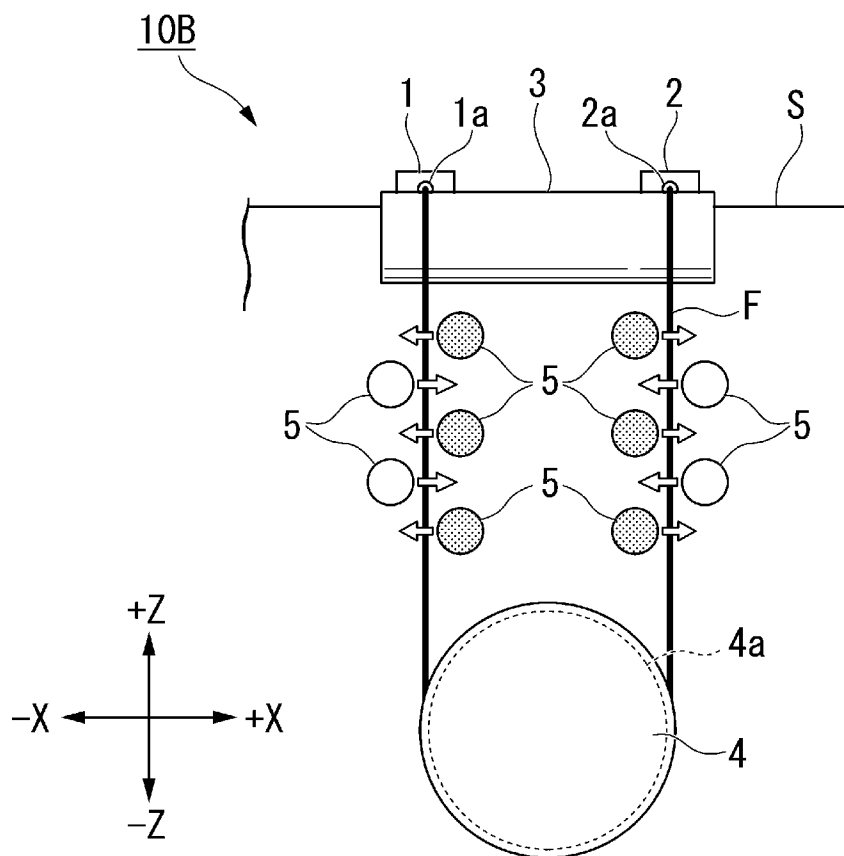
[図3B]



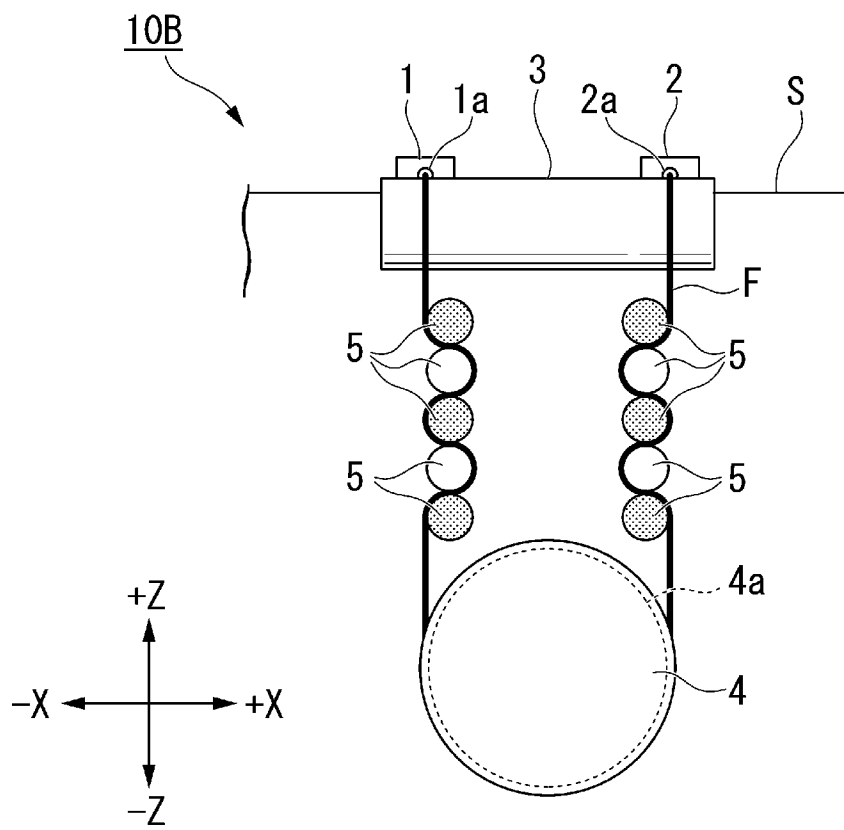
[図3C]



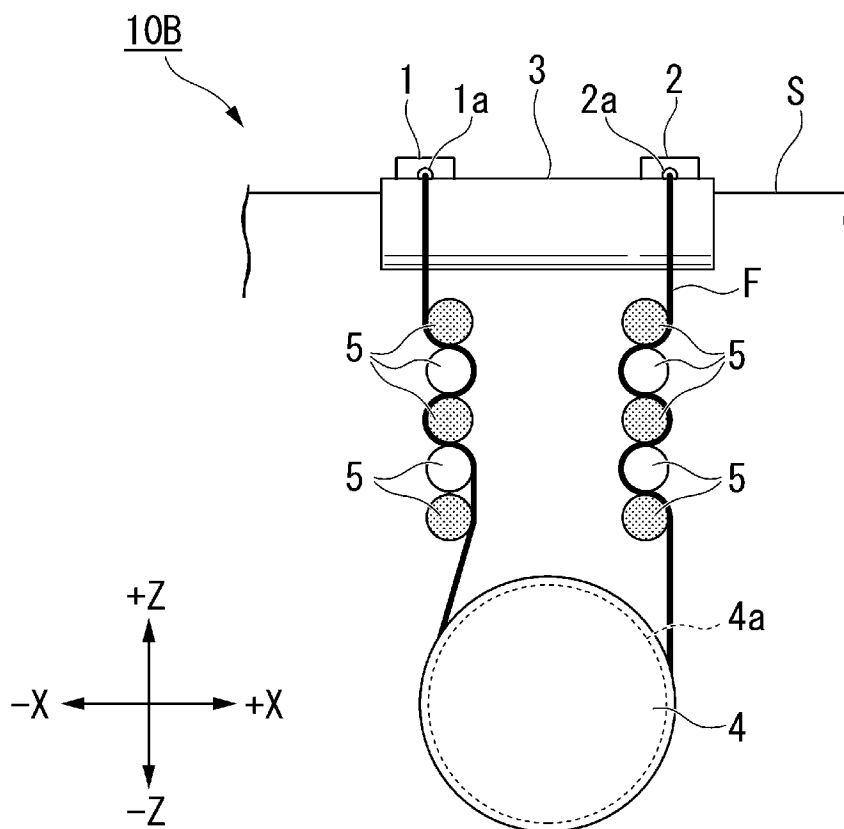
[図4A]



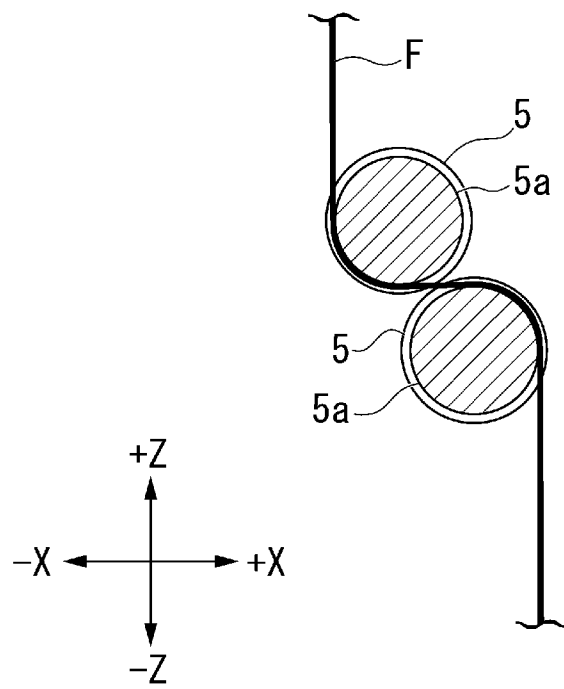
[図4B]



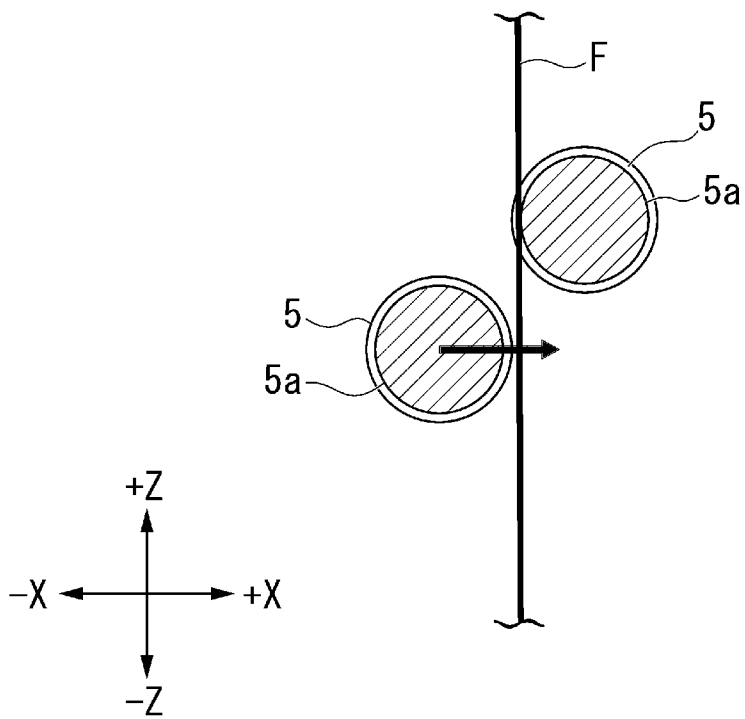
[図4C]



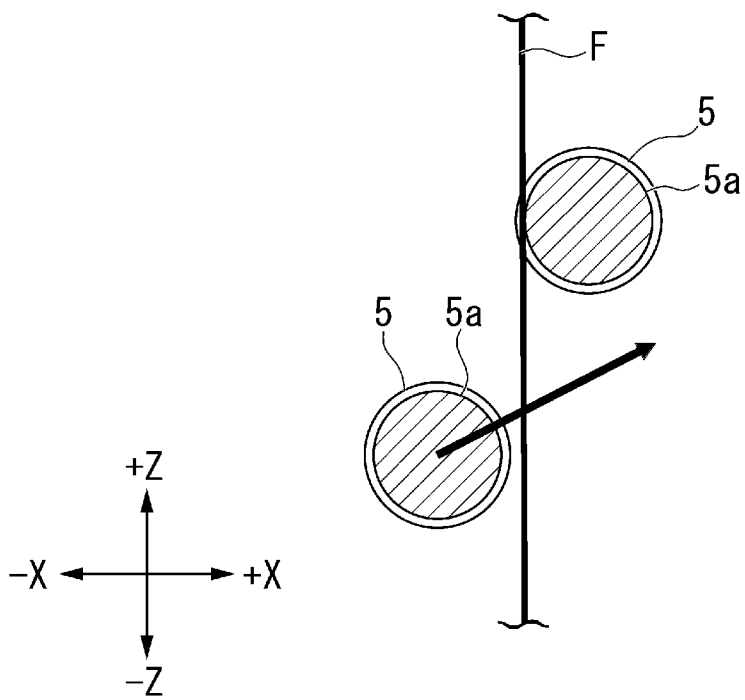
[図5A]



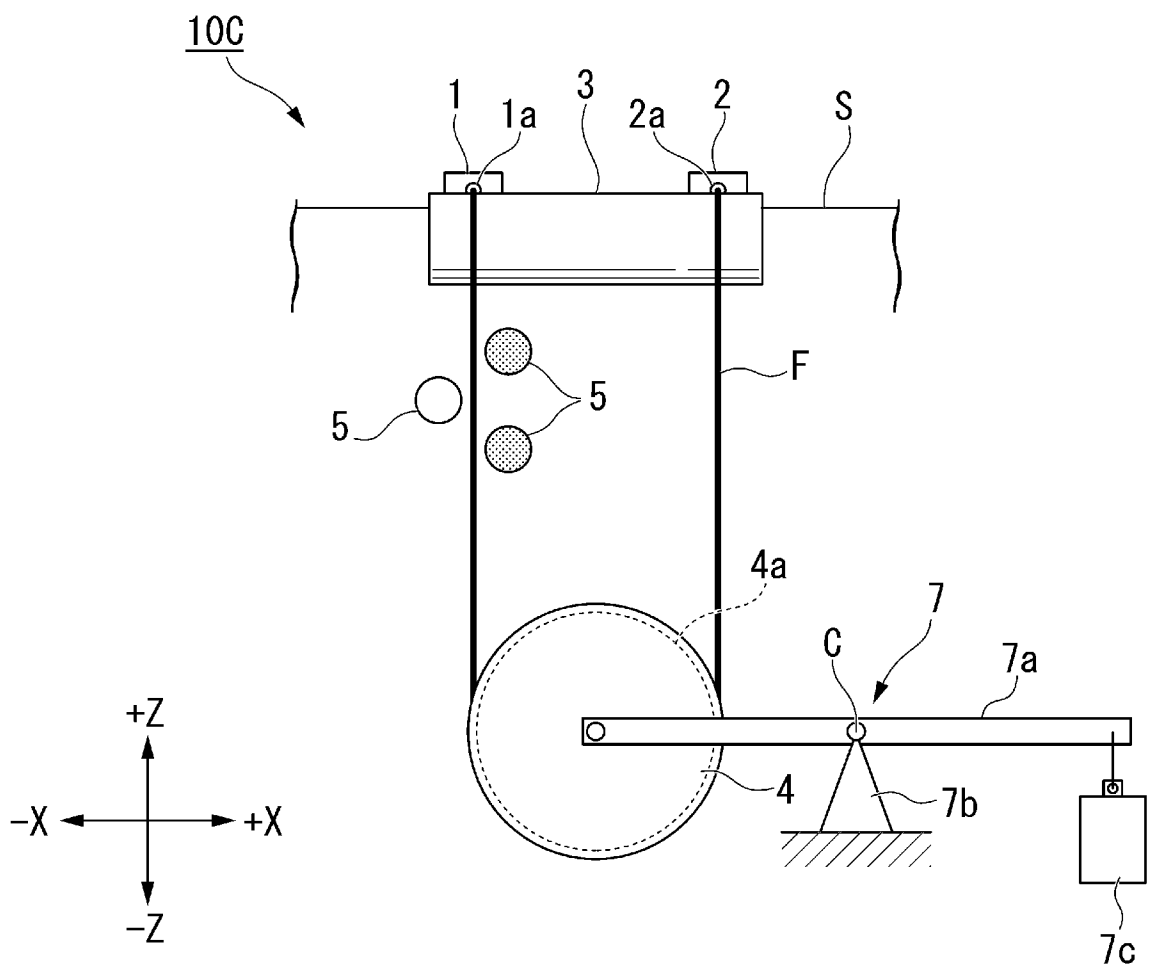
[図5B]



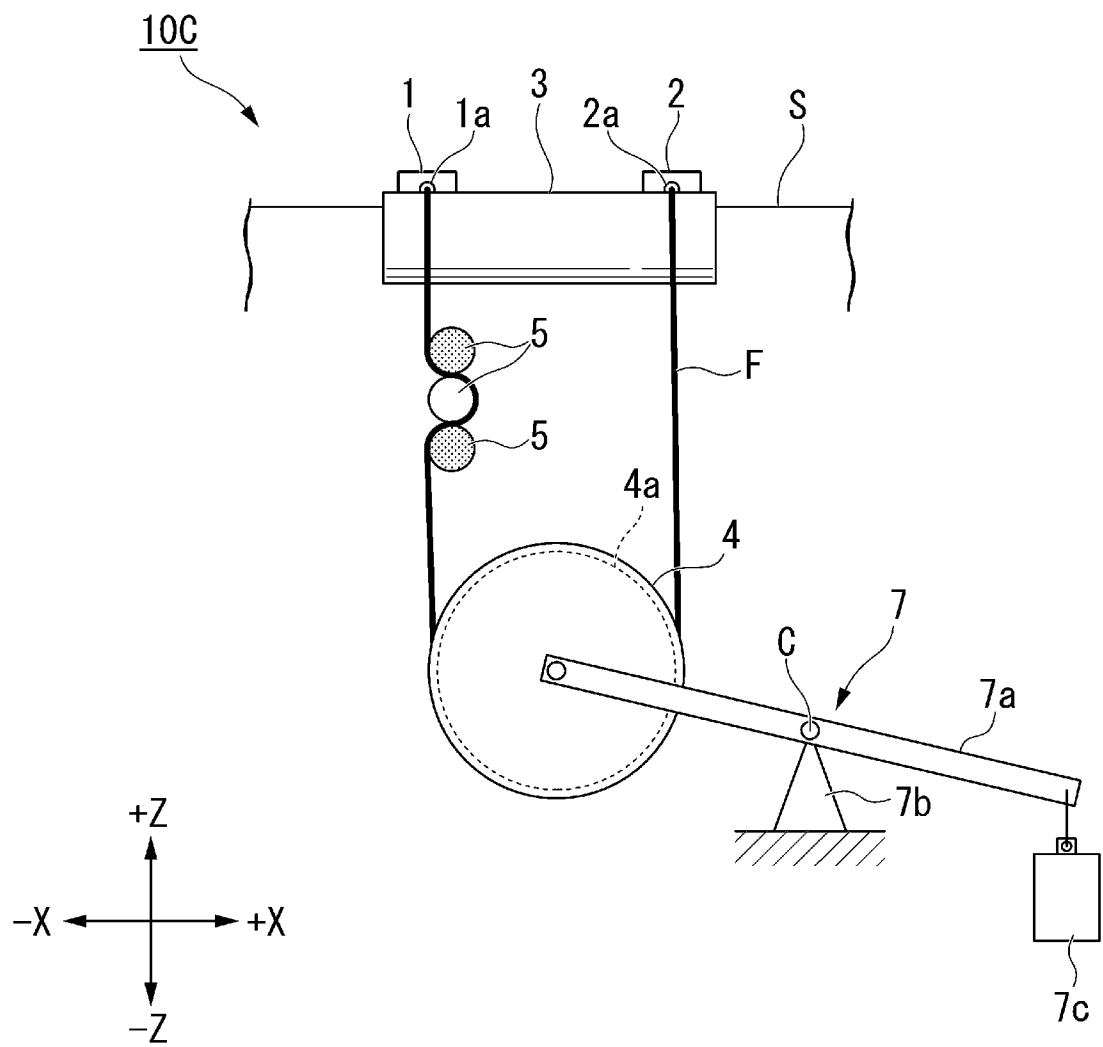
[図5C]



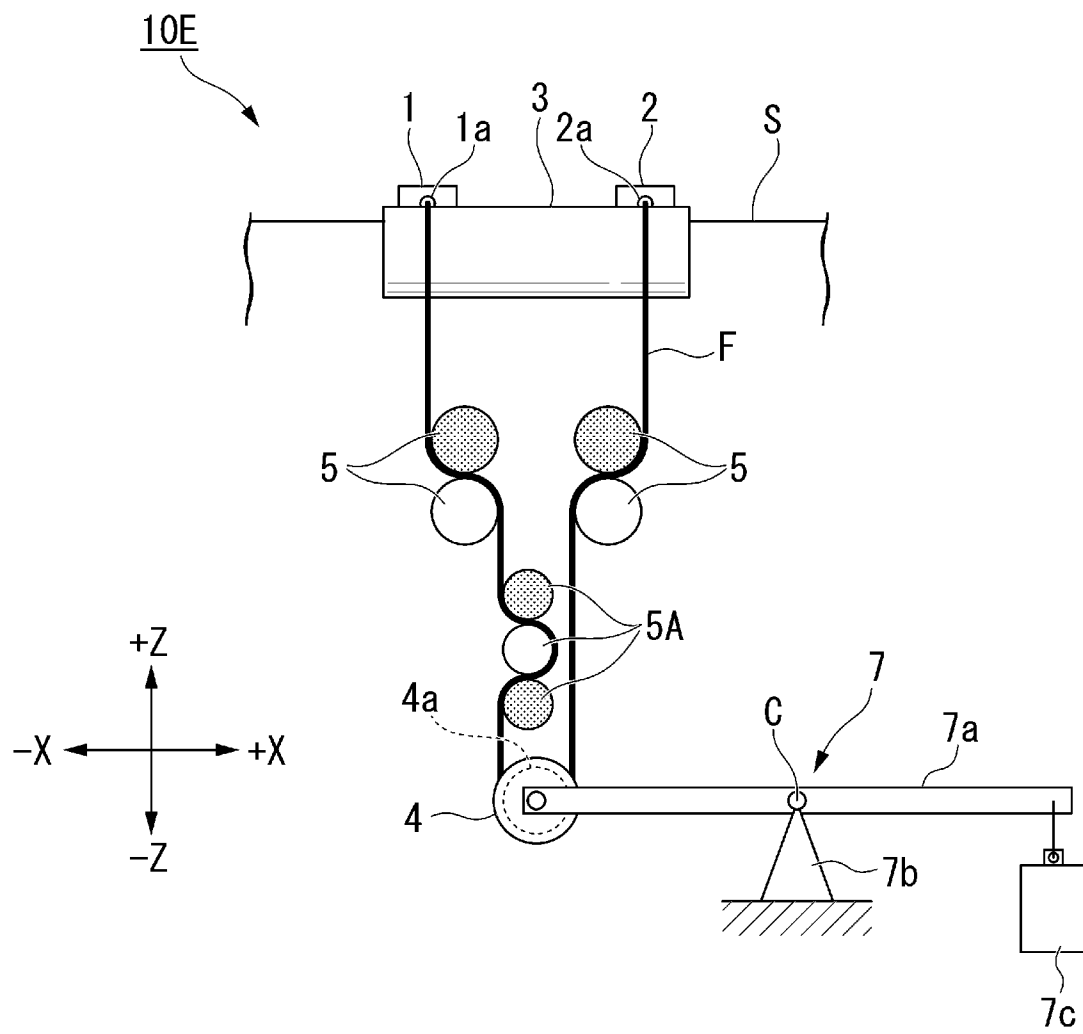
[図6A]



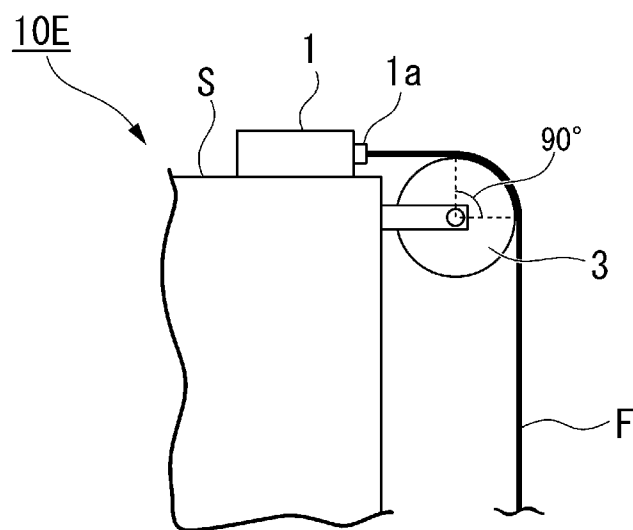
[図6B]



[図8A]



[図8B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/032998

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M 11/00 (2006.01) i

FI: G01M11/00 G

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M11/00-11/08; H01B10/00-10/90; G02B6/00-6/54

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 9389140 B1 (PHOTON KINETICS, INC.) 12 July 2016 (2016-07-12) column 5, line 1 to column 7, line 43, fig. 2-5	1-11
Y	JP 61-128134 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 16 June 1986 (1986-06-16) page 6, lower left column, line 1 to page 11, upper left column, line 11, fig. 1-8	1-11
Y	JP 1-203938 A (FUJIKURA CABLE LTD.) 16 August 1989 (1989-08-16) page 2, lower left column, lines 5-7, fig. 1	1-11
Y	US 2009/0026243 A1 (MARANGONI, G. et al.) 29 January 2009 (2009-01-29) paragraphs [0027], [0032], fig. 1-3, claims 1-4, 13	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 October 2020 (09.10.2020)

Date of mailing of the international search report

27 October 2020 (27.10.2020)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/032998

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 9389140 B1	12 Jul. 2016	GB 2536801 A	
		CN 105938042 A	
JP 61-128134 A	16 Jun. 1986	US 4636070 A	
		column 6, line 43 to	
		column 13, line 17,	
		fig. 1-8	
		EP 0185949 A2	
		CA 1255921 A	
		KR 10-1989-0001534 B1	
		(Family: none)	
JP 1-203938 A	16 Aug. 1989	WO 2007/045684 A1	
US 2009/0026243 A1	29 Jan. 2009	EP 1945549 A1	
		CN 101321677 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01M 11/00(2006.01)i FI: G01M11/00 G		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01M11/00-11/08 ; H01B10/00-10/90; G02B6/00-6/54		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JSTPlus/JST7580 (JDreamII)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	US 9389140 B1 (PHOTON KINETICS, INC.) 12.07.2016 (2016 - 07 - 12) 第5カラム第1行-第7カラム第43行、図2-5	1-11
Y	JP 61-128134 A (住友電気工業株式会社) 16.06.1986 (1986 - 06 - 16) 第6頁左下欄第1行-第11頁左上欄第11行、図1-8	1-11
Y	JP 1-203938 A (藤倉電線株式会社) 16.08.1989 (1989 - 08 - 16) 第2頁左下欄第5-7行、第1図	1-11
Y	US 2009/0026243 A1 (MARANGONI, G. et al.) 29.01.2009 (2009 - 01 - 29) [0027][0032], 図1-3, クレーム1-4, 13	1-11
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 09.10.2020		国際調査報告の発送日 27.10.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 伊藤 裕美 2W 9515 電話番号 03-3581-1101 内線 3258

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/032998

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	9389140	B1	12.07.2016	GB	2536801	A	
				CN	105938042	A	
JP	61-128134	A	16.06.1986	US	4636070	A	
				第6カラム欄43行-第13カラム第17行, 図1-8			
				EP	0185949	A2	
				CA	1255921	A	
				KR	10-1989-0001534	B1	
JP	1-203938	A	16.08.1989	(ファミリーなし)			
US	2009/0026243	A1	29.01.2009	WO	2007/045684	A1	
				EP	1945549	A1	
				CN	101321677	A	